

**Die Angioarchitektur besonderer Hautfelder
des Hanford—Miniaturschweines
im Aufhellungspräparat**

Albert Hossenfelder

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553812_0097

Aus dem Institut für Tieranatomie
des Fachbereiches Tiermedizin
der Universität München
Lehrstuhl für Makroskopische Anatomie der Tiere
Professor Dr. B. Vollmerhaus

Die Angioarchitektur besonderer Hautfelder
des Hanford - Miniaturschweines
im Aufhellungspräparat

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereiches Tiermedizin der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Albert Hossenfelder

aus
Nördlingen

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Tiermedizin der Universität

München

Dekan: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Referent: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Korreferent: Prof. Dr. E. Dahme

Tag der Promotion: 27. Februar 1976



INHALTSÜBERSICHT

Seite

A.	Einleitung und Literatur	4
B.	Material und Technik	10
C.	Ergebnisse	12
1.	<u>Übersicht über das Gefäßmuster der Subkutis</u>	12
1.1.	Hauptgefäße	12
1.1.1.	gemeinsamer Verlauf von Arterien und Venen	12
1.2.	Seitenäste der Hauptstämme	13
1.3.	Besonderheiten und Unterschiede der Gefäße	13
1.4.	Lagebeziehung der Gefäße	13
1.5.	Regelmäßigkeiten im Verlauf der Subkutisgefäße	13
2.	Meßergebnisse aus der Subkutis	16
3.	Besondere Gefäßverlaufsformen in der Subkutis	18
3.1.	Subkutanes Venennetz	18
3.1.1.	Meßergebnisse	18
3.2.	Rückläufige Blutgefäßversorgung	18
4.	<u>Übersicht über das Gefäßmuster des Korium</u>	19
4.1.	Gefäßverbünde	19
4.2.	Solitärvenolen	20
4.3.	Kapillaren	21
5.	Meßergebnisse aus dem Korium	22
6.	<u>Übersicht über das Gefäßmuster der Haarwurzeln</u>	24
6.1.	Leithaare	24
6.2.	Wollhaare	25
D.	Diskussion	26
E.	Zusammenfassung	29
F.	Literaturverzeichnis	31
G.	Abbildungen	35

A: EINLEITUNG UND LITERATUR

In der Literatur werden auffallende Ähnlichkeiten zwischen der Haut des Schweines mit der des Menschen beschrieben, so die relativ schwache Behaarung, die Schichtung der Haut und der ausgeprägte Papillarkörper über große Bereiche (MORITZ und HENRIQUES, 1947; FORBES, 1969), aber auch solche im Blutgefäßsystem der Haut.

Nach MORITZ und HENRIQUES (1947) ist die Angioarchitektur der Schweinehaut der menschlichen sogar so ähnlich, daß eine Unterscheidung sowohl nach Größe und Anzahl der Gefäße als auch nach ihrer Verteilung schwierig ist. Ebenso ist die Haut von Schwein und Mensch zumeist nicht von direkten Hautarterien vaskularisiert (MONTAGNA und PARAKKAL, 1974) und die oberflächliche Blutversorgung bei beiden Spezies deutlicher ausgeprägt (HAM, 1944) als bei stärker behaarten Säugern.

Unterschiede in der Blutgefäßversorgung der Haut von Schwein und Mensch stellt HAM (1944) in einer ungleich starken Ausbildung der Kapillaren fest. Dieser Unterschied wird von MONTAGNA und YUN (1964) bestätigt, da sie die menschliche Haut als sehr stark, die des Schweines lediglich als mäßig vaskularisiert beschreiben. Diese Gefäßdichte in der Haut des Schweines ist jedoch nach INGRAM und WEAVER (1969) von der Haltungstemperatur der Tiere abhängig, sie nimmt mit sinkender Temperatur ab.

Ebenso ist die Gefäßdichte von der Behaarung abhängig. Gefäßzählungen im Zentrum von drei Haaren ("triad") zeigen, daß 20 Gefäße pro $0,25 \text{ mm}^2$ in einem "triad" gezählt werden können. Die Autoren finden in entsprechenden Hautregionen, entfernt von Haaren, nur 10 Gefäße pro $0,25 \text{ mm}^2$. Die räumliche Verteilung der Blutgefäße in der Haut von Schwein und Mensch wird im Schrifttum als ein sich überlagerndes und miteinander in Verbindung stehendes Netzsystem beschrieben.

In der Haut des Schweines stellen INGRAM und WEAVER (1969) drei Gefäßnetze fest: ein kutanes, ein mittleres und ein subpapilläres Netz. Aufsteigende Gefäße verzweigen sich an der Basis des Korium und bilden das kutane Netz. Von diesem Netz aus aufsteigende Gefäße bilden in der Mitte des Korium das nur schwach ausgeprägte mittlere Netz. Das subpapilläre Netz ist dicht und gibt die Kapillaren ab, die an die Epidermis heranzuführen. Haarfollikel und Hautdrüsen sind besser mit Gefäßen versorgt als

das umgebende Gewebe. Die Arterien werden gelegentlich von einer oder auch zwei Venen begleitet.

Grundlage zu diesen Vergleichen bilden die Untersuchungen von SPALTEHOLZ (1893, 1927) an der menschlichen Haut. Danach besteht das Gefäßbett der Haut aus horizontalen Plexus, die miteinander in Verbindung stehen und je nach der Dicke des Fettgewebes und der Form des Papillarkörpers in ihrer Ausdehnung variieren. Der Autor beschreibt ein f a s z i a l e s Netz, das nach dem Durchtritt der Gefäße durch die oberflächliche Fascie weitmaschig gebildet wird. Ein s u b k u t a n e s Netz liegt am Übergang zwischen Subkutis und Korium. Zwischen dem mittleren und dem oberen Drittel des Korium liegt das engmaschige s u b p a p i l l ä r e Netz.

Kritik an dieser Systematik von SPALTEHOLZ (1927) zur Vaskularisation der menschlichen Haut melden MONTAGNA und PARAKKAL (1974) an. Sie wiederum behaupten, daß es keine Regelmäßigkeiten im Hautgefäßverlauf gibt und somit die Hautgefäße nicht nach geometrischen Mustern verlaufen - vielmehr sind Regelmäßigkeiten die Ausnahmen. Die verschiedenen Plexus sind nicht in Ebenen angeordnet, sondern sie stellen einen einzigen dreidimensionalen Plexus dar. Allenfalls sind innerhalb dieses dreidimensionalen Netzes zwei Untersysteme der Hautvaskularisation festzustellen:

1. die Gesamtheit des Gefäßbettes der Dermis und
2. das perifollikuläre Gefäßnetz.

Zudem ist die Ausbildung dieses Hautgefäßbettes, wie MONTAGNA und PARAKKAL (1974) weiter berichten, grundsätzlich determiniert von

1. der Art der Haut, die beim gleichen oder bei verschiedenen Individuen durchströmt wird,
2. der Dicke der Haut- und Unterhautschichten,
3. der Art und Anzahl vorhandener Anhänge (Haare, Drüsen) und
4. der Beziehung der Haut zum Skelett und zur Muskulatur.

Die einzelnen Abschnitte der Blutbahn der Haut sind je nach Lokalisation und Aufgabe verschieden strukturiert. Zweige großer Arterienstämme geben Äste an die Muskulatur ab und ziehen peripherwärts zur Haut (Muskel-Hautgefäß) oder durchbohren die Muskulatur und verzweigen sich erst in der

Haut (direkte Hautgefäße) (MONTAGNA und PARAKKAL, 1974). SAUNDERS (1961) beschreibt die Gefäßversorgung der Haut von Säugern: der Hauptstamm der Hautarterien verläuft oberflächlich zu den Muskeln, parallel zur Hautoberfläche. Von diesem Gefäß steigen senkrecht Hautgefäße auf, die sich erst in der Dermis verteilen, wo sie je nach Gebiet mehr oder weniger komplexe Maschenwerke bilden.

Arteriovenöse Anastomosen (AVA, engl.: shunts) können in der Haut vorkommen und sind dann zwischen Arteriolen und Venolen geschaltet. In neuerer Zeit wurde eine verbesserte Definition der Arteriovenösen Anastomosen versucht. Nach CLARA (1956) sind AVA regelmäßig vorhandene unmittelbare Verbindungen zwischen der arteriellen Hochdruck- und der venösen Niederdruckleitung, welche durch die Verstellbarkeit ihrer Lichtung eine zeitweilige Umgehung des nachgeschalteten Kapillarsystems ermöglichen. HAMMERSEN (1971) fand sich vernetzende Kapillarstrecken, die als Äste terminaler Arteriolen sozusagen direkte Verbindungen zu Venolen herstellen. Da derartige Gefäßstrecken im Injektionspräparat leicht mit echten arteriovenösen Anastomosen verwechselt werden können, bezeichnet er derartige charakteristische Gefäßstrecken innerhalb des Kapillarbettes als "Bügelkapillaren". Bei diesem Terminus geht HAMMERSEN bewußt von rein morphologischen Kriterien aus und läßt Strömungsverhältnisse und andere funktionelle Eigenschaften außer acht.

HAMMERSEN und STRAUBESAND (1961) fanden, daß "Bügelkapillaren" gerade in jenen Regionen gehäuft vorkommen, die angeblich reich an echten arteriovenösen Anastomosen sein sollen.

Im terminalen Gefäßbereich schließen sich an die Arteriolen die mit Polstern glatter Muskulatur versehenen Metarteriolen (nach ZWEIFACH, 1949, "bevorzugte Gefäßwege") und die von diesen ausgehenden präkapillären Sphinkteren an (BAUEREISEN, 1971).

Die Kapillaren entspringen in direkter Fortsetzung aus dichotom verzweigten Arteriolen und münden in Venolen (Illig, 1961). In der Haut bilden die Kapillaren Schlingen, die nur im Papillarkörper zu finden sind. Diese Schlingen sind je nach Lokalisation der Kapillaren schleifen- bis korkzieherartig konfiguriert (STÜTTGEN, 1965; HORSTMANN, 1957).

Die große Mannigfaltigkeit im Bau der venösen Gefäße ist nach ILLIG (1961) bedingt durch die wechselhafte mechanische Beanspruchung des Wirtsorganes in Abhängigkeit zur Bindegewebstfestigkeit und durch die Unterschiede des hydrostatischen Druckes der venösen Blutsäule; das Kaliber der Venolen und kleinen Venen nimmt zentralwärts sprunghaft zu, und zwar jeweils an den Vereinigungsstellen oder an den Klappen. Diese vielfältigen morphologischen Einzelheiten sind bedingt durch die für den Gesamtorganismus lebenswichtigen Funktionen des H a u t - g e f ä ß s y s t e m s . Die Eigenmuskulatur der Hautgefäße und die Steuerung der AVA dienen zur Konstanterhaltung der Kerntemperatur eines Säugetierkörpers. Hierzu wird die überschüssige Wärme auf dem Blutweg konvektiv vom Körperinneren zur Peripherie befördert. Lediglich die Epidermis muß von der Wärme konduktiv überbrückt werden (SPÖRRI et al., 1969). Eine Änderung der Blutflußmenge in der Haut, also die Änderung des Vasokonstriktorentonus, wird eingeleitet durch die Thermorezeptoren der Haut. Die Temperaturreize werden auf afferenten Nervenbahnen dem Hypothalamus zugeleitet, der sich als eigentlicher Regler des Wärmehaushaltes sowohl des vegetativen Nervensystems als auch des hormonalen Systems bedient (SPÖRRI et al., 1969). Die efferenten (sympathischen), vasokonstriktorisch wirkenden Nerven senden hierzu periodische und rhythmische Impulse zur glatten Muskulatur der Gefäße, woraus gleichartige, ständige Schwankungen im Bereich der durchschnittlichen Blutdurchflußmenge resultieren. Dieser Mechanismus hält den jeweils notwendigen Wert für den Wärmetransport ein. Ohne eine derartige periphere Vasokonstriktorenaktivität würde die Körpertemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur schwanken (BURTON, 1961).

Die Regulationsmöglichkeiten bei der Wärmeabgabe sind in ihrem Ausmaß beschränkt, weil der Organismus eine zu starke Senkung oder Steigerung der Hauttemperatur zu vermeiden sucht. Sind die Grenzen erreicht, deren Überschreitung zu einer Schädigung der Haut führen würde, so soll nach THAUER (1939) keine weitere Einschränkung oder Steigerung der Wärmeabgabe mehr erfolgen.

Die Wärmeabgabe über die Hautdurchblutung wird von der Flüssigkeitsverdunstung auf der Körperoberfläche und auf den Schleimhäuten unterstützt,

wobei SPÖRRI et al. (1969) der Schweißsekretion zur Wärmeabgabe (Gewinnung von Verdunstungskälte) beim Schwein eine geringere Bedeutung zuschreiben als der Flüssigkeitsverdunstung über die respiratorischen Schleimhäute, da das Schwein echte Schweißdrüsen nur in der volaren Metakarpalgegend besitzt. Zusätzlich erwähnen KRÖLLING und GRAU (1960) und MONTAGNA und YUN (1963) noch einige rein seröse Drüsen in der Rüsselscheibe.

Die Blutdruckregulation im Hautgefäßgebiet wird durch die verschiedenen Hilfseinrichtungen der Gefäße (AVA, Metarteriolen, präkapillare Shinkteren) ermöglicht und ist somit funktionell sehr stark mit der Wärme-regulation durch das Hautblutgefäßsystem verbunden.

Die Beziehung zwischen allgemeinem Blutdruck und terminalem Gefäßblutdruck unter direkter Beobachtung des (mesenterialen) Kapillarbettes untersuchten KOCH und NORDMANN (1928/29) am Kaninchen. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die Strömung im Kapillarbett zu einem gewissen Grad von der Höhe des allgemeinen Blutdruckes abhängt, dieser aber umgekehrt vom Zustand der terminalen Strombahn unabhängig ist.

Nach ILLIG (1961) ist die Regulation des Kapillarkreislaufs grundsätzlich bestimmt von:

1. der vasomotorischen, nervösen Fernsteuerung;
2. körpereigenen, gefäßaktiven Substanzen, die auf dem Blutwege zur Wirkung gelangen oder lokal im Gewebe freigesetzt werden;
3. einer autonomen ("mechanogenen") Reaktion der kleinen Arterien und Arteriolen auf Druck- und Dehnungsreize.

KEIDEL (1973) vertritt die Ansicht, daß dauernd ein "basaler" eigenständiger Tonus der peripheren Gefäße besteht, der nur durch vasodilatatorische Effekte, vor allem lokal-chemischer Art (z.B. Histamin), beseitigt werden kann. Die AVA besitzen nach BURTON (1961) auf Grund ihres vasomotorischen Tonus die Tendenz, sich komplett zu schließen (kritischer Verschuß), solange der Blutdruck in den kleinen Arterien einen kritischen Wert nicht überschreitet. Der Autor vergleicht die AVA mit den Sicherheitsventilen eines Boilers.

Die Haut hat wegen der Venenplexus (vor allem wegen des ausgeprägten subpapillären) einen merklichen Einfluß auf die Verteilung des Blutvolumens,

wobei die bestimmende Größe für die Blutzirkulation in der Haut der notwendige Wärmeaustausch mit der Umgebung ist (BAUEREISEN, 1971). Vom Ernährungsbedarf her gesehen ist die Haut mit Blutgefäßen überversorgt (MORECI et al., 1972; MONTAGNA und PARAKKAL, 1974): selbst bei länger andauernder, maximaler Vasokonstriktion muß das Hautgewebe noch keinen Schaden nehmen. Der hier vorhandene minimale Blutfluß entspricht dem physiologischen Bedarf der Haut. Der maximale Blutfluß kann 100 mal größer, der durchschnittliche 20 - 30 mal größer sein als der minimale (BURTON, 1961).

B: MATERIAL UND TECHNIK

Zur Untersuchung gelangten 21 Hanford - Miniaturschweine, männlichen (12) und weiblichen (9) Geschlechts, im Alter zwischen 5 Monaten und 5 Jahren. Dementsprechend schwankte das Gewicht der Tiere zwischen 4,3 kg und 182 kg.

Die Tiere wurden in tiefer Narkose über eine A. carotis communis entblutet und möglichst sofort nach der Tötung über dasselbe Gefäß mit der Injektionsmasse (s.u.) injiziert. Nach der Lösung der Totenstarre (3 - 4 Tage post mortem) brachten die Injektionen bei 4 Tieren keine besseren Ergebnisse als Injektionen unmittelbar nach dem Tode. Vielmehr war bei diesen Schweinen die Füllung der Hautgefäße nicht gleichmäßig, was auf postmortale Bildung von Blutgerinnseln in den Gefäßen schließen läßt.

Leichte Tiere - bis etwa 15 kg Körpergewicht - konnten in toto, ohne jeden weiteren präparatorischen Eingriff, injiziert werden.

Bei schwereren Schweinen (etwa 15 - 100 kg Körpergewicht) wurden Bauch- und Brusthöhle median eröffnet und die inneren Organe so weit wie möglich an Hilus bzw. Gekröse abgeklemmt oder abgebunden. Somit konnte in der Körperperipherie ein genügend großer Injektionsdruck erreicht werden.

Bei Miniaturschweinen mit über 100 kg Körpergewicht wurden beide Hintergliedmaßen samt Becken etwa in Höhe des kranialen Kreuzbeinrandes senkrecht zur Wirbelsäule abgesetzt und dann einzeln über die jeweils zugehörige A. iliaca externa injiziert. An den Vordergliedmaßen dieser Tiere wurden die Injektionskanülen bei abduzierter oder abgesetzter Extremität in die A. axillaris eingebunden.

Als Injektionsmasse diente ein Tusche - Eiweißgemisch; der Eiweißanteil bestand aus Kälberblutserum oder Milcheiweiß (Magermilchpulver: "Molico"⁺).

Das Injektionsgemisch wurde mit einer Temperatur von etwa 37⁰ C injiziert bis sich die Haut deutlich sichtbar schwarz verfärbte.

⁺Hersteller: Nestle Diät GmbH, 8 München 80, Postfach 80 01 25

Von den 21 Miniaturschweinen gelang bei 11 Tieren eine vollständige Injektion der Hautgefäße (einschl. der Kapillaren) in den zu untersuchenden Hautregionen; bei den anderen Schweinen waren zumindest die Subkutisgefäße immer ausreichend gefüllt, während die Kutisgefäße, insbesondere deren Kapillaren, Injektionslücken aufweisen konnten.

Nach erfolgter Injektion wurden die Tierkörper bzw. -teile in ein 10%iges Fomalinbad verbracht und etwa acht Tage darin belassen.

Als die zu untersuchenden Hautgebiete wurden die exponierten, lateralen Regionen über der Vorder- bzw. Hintergliedmaße ausgewählt, deren Begrenzung nach den Versorgungsgebieten von Hautästen bestimmter Arterien festgelegt wurde, die SAJITZ (1973) beim Miniaturschwein gefunden hatte (s. Abb.1).

Diese Regionen der Haut wurden über der darunter liegenden Muskulatur abgetrennt und wegen der häufig sehr starken Verfettung der Unterhaut nochmals zur entgültigen Durchfixierung in das Formalinbad zurückgegeben.

Nach vollständiger Fixierung wurden die einzelnen Hautstücke mit dem Aufhellungsverfahren nach M.W. ORSINI (1962) weiterbehandelt. Hierbei werden sie in einer aufsteigenden Alkoholreihe entwässert und schließlich durch Benzol und Benzylbenzoat aufgehellt.

Die Präparate erhielten durch diese Behandlung eine gummiartige Konsistenz. Davon wurden mit einer Rasierklinge ca. 0,5 - 2,0 mm dicke Hautschnitte angefertigt, die nun im Durchlicht von Binokularlupen bzw. vom Mikroskop ausreichend untersucht werden konnten.

C. Ergebnisse

(Im Folgenden wird der Verlauf der venösen Gefäße der Haut zur Vereinfachung der Darstellung retrograd, gemeinsam mit den Arterien beschrieben.)

1. Die Angioarchitektur der Subkutis

Die Subkutis (Unterhaut), stellt vor allem beim Schwein einen ausgeprägten Fettspeicher dar (Panniculus adiposus, "Speckschicht"). Die Dicke der Unterhaut schwankt individuell sehr stark. Auch regional ist der Panniculus adiposus in seiner Dicke unterschiedlich ausgebildet. Dies steht u. a. mit der Verschieblichkeit gegenüber der Unterlage in Zusammenhang, z. B. ist sie an den Übergangsstellen vom Rumpf auf die Gliedmaßen deutlich größer als etwa über dem Schulterblatt bzw. der Glutäenmuskulatur.

Übersicht über das Gefäßmuster der Subkutis:

1.1. Die Vaskularisation der Unterhaut (subkutanen Fettgewebe) geht von den Hauptgefäßen der Haut (im folgenden auch als Hauptstämme bezeichnet, Abb. 2/1) aus, die von unten in die Subkutis eindringen und der Kutis entgegenziehen. Der Abstand der Hauptstämme zueinander vergrößert sich mit steigendem Alter der Tiere: beträgt er z. B. im Versorgungsgebiet der Arteria (A) thoracodorsalis (Abb. 1/1) bei einem fünf Wochen alten Schwein durchschnittlich 5 mm, so erreicht er im entsprechenden Hautgebiet eines 12 Wochen alten Tieres etwa 10 mm. Bei den untersuchten 5-jährigen Tieren sind die Hauptstämme zwischen 10 und 20 mm voneinander entfernt.

1.1.1. Die Arterien werden im gesamten untersuchten Subkutisgebiet regelmäßig von Venen begleitet, wobei in der tiefen Hälfte des subkutanen Fettgewebes eine Arterie meist von zwei (oder drei) Venen flankiert wird.

In der oberen Subkutishälfte begleitet dann meist nur eine Vene eine Hauptarterie.

1.2. Die so nebeneinander verlaufenden Hauptgefäße der Unterhaut geben nun jeweils arterielle bzw. venöse Seitenäste (Abb. 2a, b/2) nach allen Richtungen ab, welche wiederum einen gemeinsamen Verlauf zeigen.

Diese Äste divergieren und anastomosieren - unter weiterer häufiger Aufzweigung - mit den entsprechenden Ästen benachbarter Hauptstämme. Es entsteht somit im gesamten Unterhautbereich ein vielmaschiges, dreidimensionales Netz, das auch in höheren Aufzweigungsgraden den gemeinsamen Verlauf von arteriellen und venösen Gefäßen zeigt.

1.3. Bei den Gefäßen der Unterhaut sind deutliche Unterschiede zwischen dem arteriellen und dem venösen Teil erkennbar:

- a. Während die Arterien sich durch gleichbleibende Lumina auszeichnen, fallen die Venen durch Lumenänderungen (s. u.) auf;
- b. Die Arterien zeigen durchweg einen geradlinigeren Verlauf. Demgegenüber treten bei den Venen häufige, wenn auch geringe Richtungsschwankungen hervor. So entsteht der Eindruck, daß die Arterien den direkten und damit kürzesten Weg durch die Subkutis wählen, während die Venen für die gleiche Entfernung eine größere Strecke bevorzugen (Abb. 2a,b).

1.4. Während des gemeinsamen Verlaufs von Arterien und Venen ist eine bestimmte, feste Lagebeziehung zueinander nicht zu erkennen, mit Ausnahme der Tatsache, daß die Arterie, wenn sie von mehr als einer Vene begleitet wird (s. o.), zwischen diesen Venen liegt. Hierbei können die Querschnittsmittelpunkte der beteiligten Gefäße auf einer geraden Linie liegen, oder es begleiten die Venen die Arterien in sehr vielfältiger und unregelmäßiger Anordnung unter Bildung zahlreicher venovenöser Anastomosen.

1.5. Die Hauptstämme der Haut zeigen einen typischen Verlauf sowohl unmittelbar bei ihrem Eintritt in die Subkutis als auch bei der Annäherung an die Grenze zwischen Kutis und Subkutis:

In den tiefen Subkutisbereichen ist ein S-förmiger Verlauf (Abb. 2b/1') der Hauptstämme zu beobachten.

Die Windungen sind hierbei jedoch je nach Hautregion unterschiedlich ausgebildet: je verschieblicher die Haut zu ihrer Unterlage ist, umso deutlicher sind die S-förmigen Schleifen ausgebildet (z.B. in den Versorgungsgebieten der A. collateralis radialis und des A. collateralis ulnaris, sowie der Rami proximalis et distalis der A. caudalis femoris und der A. tibialis caudalis, s. Abb. 1/ 4,5,9,10).

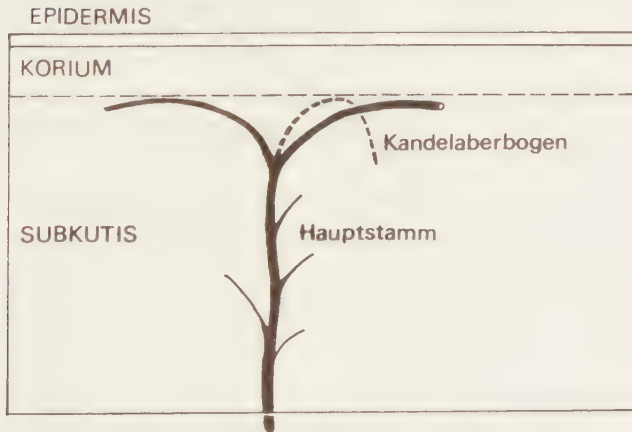
In den oberflächlichen Abschnitten der Subkutis teilen sich die arteriellen und venösen Hauptstämme in Äste auf, die in Form peripher geschlossener Bogen bis dicht unter das Korium ziehen. Diese als "Kandelabergefäße" (SPALTEHOLTZ, 1893) zu bezeichnenden Aufzweigungen (Abb. 2a, b/ 4; Abb. 3 / 3,4) treffen sich mit den ebenso bogenförmig verlaufenden Ästen benachbarter Hauptstämme und bilden direkt unter der Korium-Subkutisgrenze ein Gefäßnetz, das im weiteren Text als "subkutanes Bogennetz" (Abb. 2a,b/4') bezeichnet wird.

Die Kandelabergefäße variieren in ihrer Form je nach Hautregion. Die verschiedenartige Ausbildung der Kandelaber hängt von dem Winkel ab, den die Hauptstämme mit der tiefen Subkutisgrenze bilden. Dieser Winkel wiederum wird von der Unterhautdicke bestimmt.

Ist der Panniculus adiposus stark ausgebildet, so streben die Hautgefäße der Subkutis in einem Winkel von etwa $80 - 100^{\circ}$ der Kutis entgegen (ich nenne es die Verlaufsform A). Diese Verlaufsform A besitzen die Äste der Aa. thoracodorsalis, subscapularis, circumflexa scapulae et circumflexa humeri caudalis (Abb. 2 a,b/1,2,3), sowie Äste der Aa. circumflexa femoris medialis, iliaca interna, glutea caudalis et circumflexa ilium profunda (Abb. 1/6,7,8). Im kaudoventralen Teil des Ausbreitungsfeldes der letztgenannten Arterie gleichen sich die (flachen) Verlaufswinkel der Gefäße jedoch an diejenigen an, die im Hautgebiet des angrenzenden Ramus proximalis der A. caudalis femoris vorherrschen (s.u.).

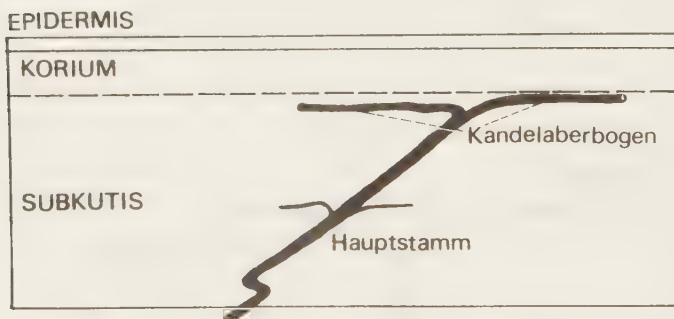
Enthält die Subkutis stark ausgebildete Bindegewebsanteile - in Regionen großer Verschieblichkeit der Haut, also dort, wo die gesamte Haut in Falten gelegt sein kann und relativ dünn ist - so beträgt jener Winkel nur etwa $10 - 45^{\circ}$ (Verlaufsform B). Diese Richtung der Hauptstämme ist in den Hautversorgungsgebieten der A. collateralis radialis (Hautumschlag am Schultergelenk) und des Hautastes aus der A. collateralis ulnaris (Abb. 1/4,5), sowie im Gebiet der Rami distalis et proximalis der A. profunda femoris (Schwanzfalte) zu beobachten (Abb. 1/9,10,11).

Im Falle der Verlaufsform A ist das subkutane Bogenetz auffallend deutlich und nach den verschiedenen Richtungen hin gleichmäßig ausgebildet. Die einzelnen Bogen durchziehen mit nur gering unterschiedlicher Krümmung den oberen Teil der Subkutis.



Textskizze: Verlaufsform A der Hauptgefäßstämme

Bei spitzwinkligem Hauptgefäßverlauf (Verlaufsform B) ist die Form des Bogenetzes eine andere und die Stärke der Krümmung der von den Hauptstämmen abgehenden Bogen ist sehr unterschiedlich: mit nur schwacher Krümmung nach der Aufzweigung weisen jene Kandelabergefäße einen zur Korium - Subkutisgrenze parallelen Verlauf auf, die von der Richtung der Hauptgefäße nicht oder nur wenig abschnellen. Je geringer die Krümmung ist, umso undeutlicher wird die Grenze zwischen Hauptstamm und Kandelabergefäß. Bei den in entgegengesetzter Richtung strebenden Bogengefäßen gleicht die Anfangskrümmung einer Spitzkehre, da die Äste gleichsam rückwärts - in Bezug auf die Verlaufsrichtung des Hauptgefäßes - ziehen.



Textskizze : Verlaufsform B der Hauptgefäßstämme

2. Ergebnisse der Gefäßmessung in der Subkutis:

Bei der Feststellung der durchschnittlichen Durchmesser der Gefäße am Injektionspräparat handelt es sich um Werte, die aus den im Kapitel über Material und Methode genannten Gründen von den Werten in vivo abweichen können.

Übersichtstabelle der durchschnittlichen Gefäßdurchmesser in der Subkutis bei Hanford - Miniaturschweinen im Versorgungsgebiet der A. thoracodorsalis (Abb. 1/1):

(Zahlenangabe: Durchmesser der Arterie/Durchmesser der Vene in μm)

Alter	Eintritt in die Subkutis	halbe Höhe der Subkutis	Kandelaber- bogen	Abzweigung von den Hauptgefäßen
5 Wochen	40/75	35/50	20/55	20/40
6 Wochen	125/150	95/120	85/105	30/100
8 Wochen	225/275	155/230	100/200	40/90
13 Wochen	225/275	160/235	110/220	45/110
14 Wochen	250/275	175/240	150/200	40/100
5 Jahre	250/290	190/270	175/250	50/120

Die gleichen Tabellenwerte der Gefäßdurchmesser sind von mir auch in der Region der A. circumflexa femoris medialis (Abb. 1/6) ermittelt worden. Dazu ist folgendes festzustellen:

1. Bei den Hauptarterien schwanken die Werte in Abhängigkeit zum Alter der Tiere zwischen 35 μm (5 Wochen, niedrigster gemessener Wert) und 290 μm (5 Jahre, höchster gemessener Wert).
2. Die entsprechenden Maße für die Hauptvenen liegen bei 50 μm bzw. bei 310 μm .
3. In den tiefen Abschnitten der Subkutis erfahren die venösen Hauptstämme nach Aufzweigungen einen geringeren Verlust an Durchmesser als die Arterien bei gleicher Aufteilung (s. Tabelle).
4. In den peripher gelegenen Subkutisabschnitten ist die venöse Aufzweigung um das zwei- bis dreifache stärker als die arterielle, was am Übergang zur Kutis eine stärkere Durchmesserabnahme der Venen bedingt (siehe Gefäßmessung in der Kutis).

3. Besondere Gefäßverlaufsformen in der Subkutis

In allen untersuchten Regionen der Haut des Hanford-Miniaturschweines ist dicht unterhalb der Kutis - Subkutisgrenze regelmäßig ein auffallendes Venennetz zu finden, dessen Venen durch ihren großen Durchmesser imponieren (s.u.). Sie werden nicht von Arterien begleitet.

3.1. Diese Sammelvenen, im folgenden als "subkutanes Venennetz" (Abb. 2a,b/5; Abb. 3/5) bezeichnet, liegen bisweilen dicht unter den Kandelabern, dann wieder über diesen, oder auch im Übergangsbereich der Subkutis zum Korium. Ein regelmäßiges Muster dieses Netzes oder eine bevorzugte Verlaufsrichtung der Netzgefäße ist nicht erkennbar. Das subkutane Venennetz ist dem venösen Teil des Bogennetzes gleichsam parallel geschaltet und hat zahlreiche Querverbindungen zu diesem. Beide Netze sind über Äste mit den Gefäßgeflechten der Haarpapillen, aber auch mit Kutisvenolen und rückläufigen Subkutisvenen verbunden.

3.1.1. Der Durchmesser dieser subkutanen Venen kann sehr unterschiedlich sein, er hängt vom Alter des Tieres ab. Im Versorgungsgebiet der A. thoracodorsalis beträgt der Durchmesser einer Sammelvene bei einem Schwein im Alter von sechs Wochen zwischen 0,03 und 0,05 mm, bei einem 13 Wochen alten Tier schon bis zu 0,5 mm, bei erwachsenen, 5-jährigen Tieren bis zu 2 mm.

Charakteristisch für dieses Netz ist auch das Auftreten von Gefäßeinschnürungen und -ausweitungen innerhalb einer Hautregion. Die Ausweitungen sind namentlich an den Aufzweigungsstellen lokalisiert, welche dadurch häufig ein ballonförmiges Aussehen erhalten. Die Einschnürungsstellen liegen zwischen Vereinigungs- bzw. Aufzweigungsstellen; hier kann der Durchmesser bis auf ein Zehntel des normalen Wertes reduziert sein. Nicht ausschließen läßt sich, daß diese großen Schwankungen der Venenlumina durchaus artifiziell durch die Injektionstechnik hervorgerufen worden sein könnten. Somit ist zusammenfassend festzustellen, daß durch die Ausgestaltung eines Sammelvenenplexus in den peripheren Subkutisabschnitten die venöse Aufzweigung das arterielle Gefäßmuster um ein mehrfaches an Strecke übertrifft.

3.2. Innerhalb des dreidimensionalen Gefäßnetzes der gesamten Unterhaut fallen bei zunehmender Hautdicke (s.u.) Gefäßabschnitte auf, deren Weg zentralwärts orientiert ist. Vor allem im mittleren Drittel der Subkutis vaskularisieren Arterien und Venen das Fettgewebe in zentripetaler Richtung. In den untersuchten Hautgebieten steht die Ausdehnung dieser rückläufigen Gefäßversorgung (Abb. 2a/3) in einem direkten Zusammenhang mit der Dicke der Subkutis. Je stärker das Fettgewebe ausgeprägt ist, umso deutlicher werden in den mittleren Abschnitten der Unterhaut horizontale Schichten mit rückläufiger Blutgefäßversorgung sichtbar. So können bei fünfjährigen Miniaturschweinen, die teilweise eine Unterhautstärke von 30 bis 35 mm haben, Abzweigungen der Seitenäste von Hauptstämmen bis zu 15 mm das Fettgewebe rückläufig durchziehen. Diese teilen sich weiter auf und bilden in höheren Verzweigungsgraden Anastomosen mit den entsprechenden Aufzweigungen zentrifugal ziehender Gefäße. So entsteht hier durch das Zusammentreffen von vor- und rückläufigen Blutgefäßen ein Nebenschlußsystem im Blutkreislauf der Subkutis.

Dieses Verlaufsmuster von Arterien und Venen findet sich vornehmlich in den exponierten Hautgebieten an Vorder- und Hintergliedmaßen, so in den Versorgungsbereichen der Aa. thoracodorsalis, subscapularis, circumflexa scapulae, circumflexa humeri caudalis, circumflexa ilium profunda et circumflexa femoris medialis (Abb. 1/1,2,3,8,6). Hautgebiete, die im Vergleich zu den oben aufgeführten Bereichen eine relativ dünne Subkutis besitzen, zeigen nur selten - gegebenenfalls sehr undeutlich - eine entsprechende rückläufige Gefäßversorgung.

4. Die Angioarchitektur des Korium

Die Gefäße, die das Korium vaskularisieren, entspringen aus den zwei verschiedenen, oben beschriebenen Gefäßsystemen der Subkutis: Der Hauptteil der Kutisgefäße zweigt sich von den arteriellen und venösen Kandelaberbogen in der oberflächlichen Subkutis ab; daneben schickt das subkutane Venennetz Äste in die Kutis (s.u.).

4.1. Die Kutis - Subkutisgrenze wird von dicht beieinanderliegenden "Gefäßverbünden" (Abb.3/6) durchdrungen. Ein solcher "Gefäßverbund" besteht jeweils aus einer Arteriole und mindestens zwei begleitenden Venolen. Hierbei liegen die Gefäße bevorzugt in einer Ebene und geben so dem gesamten Gefäßverbund ein bandähnliches Aussehen.

Diese kongredienten Gefäße entspringen, wie schon erwähnt, hauptsächlich aus den Arterien und Venen des subkutanen arteriellen und venösen Bognetzes und auch des Venennetzes, doch können zu ihnen auch Abzweigungen aus den Gefäßgeflechten um die Haarpapillen (s.u.) stoßen.

Im Korium zeigen die arteriellen Gefäße im Vergleich zu den venösen einen gestreckteren, geradlinigeren Verlauf. Der venöse Gefäßteil begleitet die Arteriolen in variabler Entfernung (20 - 40 μ m) d.h., mehr oder weniger geschlängelt. Ebenso sind zahlreiche veno-venöse Anastomosen für dieses Gebiet kennzeichnend. Diese veno-venösen Anastomosen können so zahlreich sein, daß die Venolen innerhalb des Gefäßverbandes ein strickleiterähnliches Aussehen annehmen können - die zugehörige Arteriole scheint den "Sprossen dieser Strickleiter" aufzuliegen.

Die einzelnen Gefäßverbünde des Korium teilen sich peripherwärts baumartig auf. Bei der hierdurch entstehenden großen Gefäßdichte anastomosieren die Kutisgefäße sowohl im arteriellen wie im venösen Bereich mit den benachbarten Gefäßen entsprechender Aufzweigungsgrade. Es entsteht so zwischen Korium-Subkutisgrenze und der Basis des Papillarkörpers ein dichtes, dreidimensionales Gefäßnetz, das auch in den höheren Verzweigungsgraden die Anordnung der oben beschriebenen Gefäßverbünde erkennen läßt. Die größte Dichte der Kutisgefäße ist unterhalb des Papillarkörpers erreicht, wo sich Arteriolen und Venolen zum subpapillären arteriellen bzw. venösen Gefäßnetz formieren (Abb.3/8).

Die venösen Netzanteile übertreffen auf Grund ihrer stärkeren Aufzweigung auch hier die arteriellen an Dichte deutlich (s. Gefäßverbünde).

4.2. Solitär verlaufende Venolen (Abb. 3/10), die aus dem subkutanen Venennetz entspringen, durchziehen ebenfalls die Kutis, und zwar mit vorwiegend zentrifugaler Verlaufsrichtung.

Auffallend ist hier das größere Lumen (s.u.) gegenüber den Begleitvenolen. Die Solitärvenolen sind vor allem innerhalb der tiefen zwei Drittel des Korium zu beobachten. An der Grenze zum oberflächlichen

Koriumdrüsen verzweigen sie sich plötzlich stark (es können 3 bis 6 Äste gezählt werden) und münden daraufhin in die Venolae comitantes der oben beschriebenen Gefäßverbände ein.

4.3. Aus dem arteriellen und aus dem venösen subpapillären Gefäßnetz zweigen Arteriolen bzw. Venolen ab, die unterhalb der Basis der Lederhautpapillen in Richtung der Papillenspitze ziehen und in die Netzkapillaren (Abb. 3/9) übergehen.

Diese Kapillaren bilden den am weitesten peripher gelegenen Teil der Koriumgefäße. Ihre räumliche Ausdehnung wird durch das Relief des Papillarkörpers der Lederhaut bestimmt.

Grundsätzlich sind beim Hanford-Miniaturschwein in einer Lederhautpapille mehrere Kapillarschlingen (2-6) vorhanden. Diese weisen in allen beschriebenen Hautregionen eine gemeinsame Grundkonfiguration auf: arterieller und venöser Schenkel einer jeden Kapillarschleife sind in sich gewandelt - einer Heizspirale nicht unähnlich - und ziehen mit einem sich kaum verringerndem Abstand zentrifugal und vereinigen sich an der Papillenspitze. Ihr Abstand voneinander beträgt im Mittel 20 - 25 μm .

Drei Beobachtungen an den Kapillarschlingen von Tieren mit stark unterschiedlichem Alter möchte ich als bemerkenswert mitteilen. Erstens ist die Wendelung der Gefäße bei jungen Miniaturschweinen schwächer ausgeprägt als bei älteren. Liegt die Anzahl der Windungen bei Ferkeln und Läufer Schweinen zwischen zwei und vier, so kann bei ausgewachsenen Tieren eine Kapillarschlinge bis zu sieben Windungen aufweisen. Zweitens besitzen diese Kapillarschlingen bei jungen Schweinen eine Höhe von etwa 80 μm , während sie bei alten, ausgewachsenen Tieren zu 100 bis 150 μm aufsteigen. Drittens betragen die Abstände der Kapillarschleifen bei 5 Wochen alten Tieren 25 μm , im Alter von 5 Jahren 35 μm , vereinzelt sogar 50 μm . Allgemein ist zum Abstand der Kapillarschleifen zu bemerken, daß er und somit die Dichte der Kapillargefäße innerhalb der von mir untersuchten Hautgebieten eines Tierkörpers auffallend konstant (im Mittel 30 μm) ist.

5. Ergebnisse der Gefäßmessung im Korium

Für die Gefäßverbünde, die vor allem den Kandelaberbogen der Subkutis entspringen und das Korium durchziehen, können die folgenden Lumenwerte ermittelt werden:

Die Tabellenwerte bedeuten:

Durchmesser Arteriole/Durchmesser einer von zwei begleitenden Venolen; gemessen in der Mitte der Lederhaut in μm .

Versorgungsgebiet der (des) (s.Abb.1)

- 1 = A. thoracodorsalis;
- 3 = A. circumflexa humeri caudalis;
- 4 = A. collateralis radialis;
- 5 = Ramus cutaneus der A. collateralis ulnaris;
- 6 = A. circumflexa femoris medialis;
- 8 = A. circumflexa ilium profunda;
- 9 = Ramus proximalis der A. caudalis femoris;
- 10 = Ramus distalis der A. caudalis femoris.

Alter	1	3	4	5	6	8	9	10
5 Wochen	15/25	15/20	15/20	15/20	15/20	15/10	15/20	15/25
6 Wochen	10/25	15/25	10/20	10/20	15/25	10/20	10/20	10/20
13 Wochen	15/20	15/20	15/25	15/25	15/20	15/25	15/20	15/25
6 Monate	15/20	15/25	20/25	15/25	20/25	20/25	20/25	15/20
5 Jahre	15/25	15/30	20/25	20/25	25/35	20/30	20/25	15/20

Die Kutisgefäßverbünde bestehen - wie beschrieben - meist aus einer Arteriole und zwei Venolen. Hierbei beträgt der Abstand der Venolen zur zentral gelegenen Arteriole jeweils ca. 25 μm .

Das Lumen der Arteriole des Gefäßverbundes mißt im Durchschnitt 15 μm , das der Venolen 25 μm . Das Lumen der Venolen kann sich unvermittelt stark ändern: so ist eine Durchmesserabnahme von 25 μm auf 5 μm

und eine unmittelbar darauffolgende Zunahme gleicher Größenordnung nicht selten; dadurch können die venösen Kutisgefäße ein perlschnurartiges Aussehen (Abb. 1/7; Abb. 3/7) erhalten. Außerdem kommen in der Kutis venöse Gefäßausweitungen bis zu 75 μm ($\sim$ 100 μm) vor. Die sog. Solitärvenolen (s. S. 20) haben einen durchschnittlichen Durchmesser von 35 μm .

Das Lumen der Kapillarschlingen beträgt bei den untersuchten Präparaten im Schnitt 6 μm . Das Konvolut der Windungen einer Kapillarschleife hat in seiner räumlichen Ausdehnung einen Durchmesser von 10 - 15 μm (vereinzelt bis zu 20 μm).

Bei allen Werten dieser Tabelle sind keine regionalen Unterschiede festzustellen, jedoch ist ein leichtes Ansteigen der Messergebnisse der Gefäßlumina bei Tieren mit zunehmendem Alter zu erkennen. So sind z.B. im Versorgungsgebiet der A. circumflexa ilium profunda (Tabelle : Spalte 8) die Meßwerte bei 5 Wochen-Tieren 15/10 und bei 5jährigen Tieren 20/30. In allen anderen Versorgungsgebieten, mit Ausnahme des der A. thoracodorsalis (Spalte 1) und des Ramus distalis der A. caudalis femoris (Spalte 10), ist ein ähnliches Verhalten zu beobachten.

Dieser relativ undeutlichen Zunahme der Lumina steht eine schwache Zunahme der Kutisdicke bei ansteigendem Lebensalter gegenüber. Die durchschnittliche Kutisdicke der untersuchten Hautgebiete beträgt in den verschiedenen Altersstufen:

5 Wochen: ca. 1,0 mm (0,8 - 1,2 mm),

6 Monate: ca. 2,1 mm (1,6 - 2,4 mm),

5 Jahre : ca. 4,5 mm (3,0 - 5,8 mm).

Hierzu ist ergänzend festzustellen, daß die geringeren Werte im allgemeinen zu Hautgebieten mit relativ dünner Subkutis gehören (z.B. die Versorgungsgebiete der A. collateralis radialis, des Ramus cutaneus der A. collateralis ulnaris und der Rami proximalis et distalis der A. caudalis femoris (s. Abb. 1/4,5,9,10). In den exponierten, lateralen Hautstellen von Vorder- und Hintergliedmaßen ergeben sich die höheren Meßwerte für die Kutisdicke (z.B. in den Versorgungsgebieten der Aa.

thoracodorsalis, subscapularis, circumflexa scapulae et circumflexa humeri caudalis, sowie der A. circumflexa femoris medialis et circumflexa ilium profunda; s. Abb. 1/1,2,3,6,8).

6. Die Gefäßversorgung der Haarpapillen

Bei allen untersuchten Schweinen können in den beschriebenen Hautregionen sowohl Leithaare als auch Wollhaare gefunden werden.

Die Leithaare ("Borsten") haben eine bemerkenswerte, konstante Dicke von 200 bis 220 μm . Sie durchbohren die gesamte Kutis und reichen mit ihrer Papille in die Subkutis hinein.

Die Wollhaare dagegen sind immer nur in der Kutis verankert und haben mit 25 bis 60 μm einen deutlich geringeren Durchmesser als die Leithaare.

Durch das unterschiedlich tiefe Eindringen der beiden Haartypen in die Haut wird die Ausbildung des Gefäßbettes, welches die Haarwurzeln versorgt, bestimmt.

6.1. Die Versorgungsgefäße der Leithaare (Abb.3)

Die arteriellen Gefäße für ein Leithaar kommen von einer oder mehreren Kandelaberarterien der Subkutis. Sie sind häufig ohne Venenbegleitung.

Die venösen Gefäße, die zu den Haarwurzeln der Leithaare ziehen, entspringen teils aus verschiedenen Kandelaberven, teils aus dem subkutanen Venennetz.

Im letzteren Fall sind die Venen über eine kurze Strecke rückläufig. Dies resultiert aus der Tatsache, daß die Wurzel der Leithaare meist tiefer in der Subkutis liegt als das subkutane Venennetz.

In der Umgebung der Haarbälge zeigen die venösen Gefäße einen mehr geschlängelten Verlauf als die arteriellen Gefäße. Den Venen ist auf Grund von deutlich ausgeprägten Lumenänderungen ein perlschnurartiges Aussehen eigen (Abb. 3/e).

Der Gefäßplexus der Leithaarpapillen (Abb. 3/c)

Die arteriellen und venösen Gefäße ziehen, teilweise in nur sehr geringem Abstand zueinander, der Wurzel eines Leithaares zu.

In einem Abstand von ca. 20 μm zur Haarwurzel bzw. 30 μm zu deren Bulbus teilen sich diese Gefäße in ein sehr engmaschiges, wabenförmiges Gefäßnetz (Plexus) auf, das die gesamte Haarzwiebel strumpfartig umgibt.

Die Maschen eines Plexus haben im Bereich der Haarzwiebel (Abb. 3/a) ein länglich-ovales Aussehen, wobei der größere Durchmesser des Ovals ca. 45 μm beträgt, der kleinere ca. 20 - 25 μm . Am Wurzelschaft (Abb. 3/b) haben die Maschen annähernd kreisförmige Gestalt mit einem Durchmesser von durchschnittlich 20 μm . Es ist festzustellen, daß die abführenden Venen (Abb. 3/e) bevorzugt in der Umgebung der Haarzwiebel, die zuführenden Arterien (Abb. 3/d) jedoch häufiger in Höhe des Haarwurzelschaftes mit dem Leithargefäßplexus in Verbindung treten.

Der Gefäßplexus eines Leithaares reicht bis etwa zur Mitte der Kutis und endet dort plötzlich mit scharfer Grenze.

Die Gefäßverbünde der Kutis treten ebenfalls - jedoch rückläufig - an die verschiedenen Haarbalgplexus heran. Der Gesamtdurchmesser eines solchen Gefäßplexus um einen Haarbalg beträgt ca. 300 - 320 μm .

6.2. Die Versorgungsgefäße der Wollhaare (Abb. 3/h)

Die Wollhaare besitzen generell keine Gefäßbildungen in ihrer Umgebung, die den Gefäßplexus der Leithaare entsprechen. Allenfalls ist eine geringfügig höhere Dichte sowohl der arteriellen als auch der venösen Kutisgefäße in unmittelbarer Umgebung der Haarwurzel und deren Zwiebel anzutreffen. Sonst ist das Gefäßsystem um die Haarwurzeln der Wollhaare in das der Haut integriert, ohne einen spezifischen Einfluß auf die allgemeine Angioarchitektur des Korium zu nehmen.

D. DISKUSSION

a) Beziehungen zwischen Dicke der Unterhaut und Blutgefäßverlauf.

Dem Schwein ist eine besonders starke Ausbildung der Subkutis, auch unter dem Begriff "Speckschicht" bekannt, eigen. Bereits FORBES (1969) und INGRAM und WEAVER (1969) berichten über die starken Schwankungen der Unterhautdicke des Schweines, in Anlehnung an ähnliche Untersuchungen von HAM (1944) und MONTAGNA und YUN (1964) beim Menschen. In diesen Arbeiten wird keine Stellung zum Verhalten der Blutgefäße bezogen. MORITZ und HENRIQUES (1942) haben einen Hinweis auf den Verlaufswinkel der Hauptstämme in der Subkutis des Schweines gegeben und bezeichnen ihn global als "schräg", während SAUNDERS (1961) ganz allgemein beim Säuger einen mehr "vertikalen" Verlauf der Hauptstämme in der Subkutis beschreibt.

In den von mir untersuchten Hautfeldern (Abb. 1) schwankt die Subkutisdicke beträchtlich, und es sind auch zwei Haupttypen des Blutgefäßverlaufes, sowie eine Übergangsform festzustellen. In Hautregionen, die eine dicke Unterhaut besitzen, sind die Hauptstämme annähernd vertikal zur Oberfläche gerichtet (Abb. 2a) und ich nenne dieses Verhalten die Verlaufsform A. Demgegenüber verlaufen in Hautfeldern mit dünner Subkutis die Hauptstämme nahezu horizontal (Abb. 2b), was ich mit dem Begriff Verlaufsform B kennzeichnen möchte. Eine Übergangsform mit schrägem Verlaufswinkel ist nur im kaudoventralen Abschnitt des Versorgungsgebietes der A. circumflexa ilium profunda vertreten.

b) Morphologische Voraussetzungen zur Wärmeregulation und Blutspeicherefunktion der Hautgefäße.

Während durch die Messung der Lumina von Subkutis- und Koriumgefäßen festgestellt werden konnte, daß das Kaliberverhältnis der Arterien zu ihren Begleitvenen konstant zwischen 1:1 und 1:2, vermehrt jedoch bei 1:2 gelegen ist, somit vom üblichen Kreislaufschema nicht abweicht, und

auch der lineare Anstieg der Kaliberzunahme der Blutgefäße mit zunehmendem Alter der Tiere durchaus im Rahmen des erwarteten Verhaltens liegt, finden wir demgegenüber einen ausgeprägten venösen Gefäßüberschuß in Form der solitär verlaufenden subkutanen Venen-netze, der solitären Venolen des Koriums und der starken subpapillären Venenplexus. Insbesondere sind die perlschnurartigen Erweiterungen an den Venolen in der Lederhaut beachtenswert. Diese morphologischen Merkmale passen in das Bild, das uns KOLB (1962), BAUEREISEN (1971) u.a. über die Blutspeicherfunktion der Hautblutgefäße vermittelt haben, deren wesentliche Komponente nach BURTON (1961), MORECI et al. (1962), MONTAGNA und PARAKKAL (1974) nach Untersuchungen beim Menschen sowie INGRAM und WEAVER (1969) nach Untersuchungen beim Schwein im Bereich der venösen Plexus zu suchen ist.

Für die Erhöhung der örtlichen Durchblutung und der damit verbundenen vermehrten Wärmeabgabe an die Umgebung, sowie für einen regional begrenzten Sonderbedarf der Haut (RATSCHOW, 1959) sind Steuermechanismen in den Blutstrom eingeschaltet, deren bedeutsamste von CLARA (1956) als arteriovenöse Anastomosen (AVA) definiert wurden. In Übereinstimmung mit HAMMERSEN und STAUBESAND (1969) und HAMMERSEN (1971) sind solche Gefäßkurzschlüsse dann, wenn sie im Injektionspräparat ohne begleitende mikroskopische Serienuntersuchung diagnostiziert werden, lediglich als "Bügelkapillaren" anzusprechen. Mit der von mir verwendeten Tusche-Eiweiß-Injektionstechnik sind regelmäßig Bügelkapillaren in der Haut des Miniaturschweines nachzuweisen.

c) Blutgefäßplexus an Leithaaren beim Miniaturschwein.

Der von mir dargestellte engmaschige Kapillarplexus um die Wurzeln der Leithaare (Abb. 3) ist mit einer rein nutritiven Funktion allein nicht zu erklären. Ein Vergleich mit der Gefäßarchitektur an den Sinushaaren der Haustiere (KRÖLLING und GRAU, 1960) oder mehr noch an Vibrissen (WROBEL, 1965 bei *Tupaia glis*) läge nahe, doch sind dort die Zu- und Abflüsse weniger stark ausgeprägt und eine besondere nervöse Versorgung für die Funktion ausschlaggebend (letztere sind

durch meine Untersuchungen an den Leithaaren des Schweines nicht abgeklärt). Der distal gelegene Zufluß und der proximal vorhandene Abfluß lassen vielmehr eine stärkere Durchströmung des Kapillarplexus vermuten. Ob es sich vielleicht um ein System handelt, bei dem auf dem Blutweg mitgeführte Wärme über die sehr dicken Leithaare abgeleitet werden könnte, müßte in weiteren Untersuchungen verfolgt werden. Gleich ungeklärt wäre die Vermutung, daß die Kapillarplexus, die in ihrer Struktur der Endausbildung von Plexus um die Leithaare der Ratte sehr ähneln (HORSTMANN, 1957) und dort bei der Haarentwicklung diskutiert werden, auch beim Schwein im Haarwechsel eine Rolle spielen könnten. Immerhin findet ELLIS (1961) beim Menschenhaar ebenfalls Plexusscheiden; doch sind deren Maschen, ähnlich wie bei der Ratte, vornehmlich längsgerichtet. Beim Leithaarplexus des Miniaturschweines herrschen dagegen quer-ovale und rundliche Maschen vor, ohne daß ein längs- oder quergeichtetes Muster stärker in Erscheinung tritt. Die Kapillarplexus an den Leithaaren des Miniaturschweines müßten mit anderer als der von mir angewendeten Technik weiteruntersucht werden, um ihre Bedeutung zu erkennen.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Die Blutgefäßversorgung einzelner, festgelegter Hautbezirke an den Extremitäten des Hanford-Miniaturschweines wurde mit der Aufhellungstechnik nach ORSINI (1962) untersucht.

Die Gefäße wurden mit einem Tusche-Eiweiß-Gemisch injiziert, die Präparate aufgehellt und vermessen.

Als hervorstechende Ergebnisse sind zu nennen:

1. Die Hauptgefäße in der Subkutis richten sich mit ihrem Verlauf nach der sog. Speckschichtdicke: bei dünner Subkutis ist ein spitzwinkliger, bei dicker Subkutis ein annähernd vertikaler Verlauf der Hauptgefäßstämme festzustellen.
2. Die Koriumgefäße zeigen vor allem im venösen Bereich einen komplizierten Bau, wobei die Begleitvenen ihre zugehörigen Arterien an Zahl, Verlaufsvariation und Verbindungsmöglichkeiten untereinander übertreffen.
3. Die Leithaare stecken mit ihrem subkutanen und korialen Abschnitt in einem strumpfartigen Gefäßplexus.

Die morphologischen Beobachtungen wurden mit übergeordneten Funktionen der Hautblutgefäße (Wärmeabgabe und Blutdruckregulation) in Beziehung gesetzt und speziell für die Haut des Hanford-Miniaturschweines diskutiert.

SUMMARY:

The vascular supply in particular areas of the skin of the limbs in the Hanford miniature pig has been investigated by means of the clearing method of ORSINI (1962). The blood vessels have been injected with an India ink - albumen mixture. After clearing of the specimens the diameters of the vessels have been measured.

The main results are:

1. the major vessels in the hypodermis are oriented according to the thickness of the fat layer: in a thin hypodermis the large vessels run in an acute angle, in a thick hypodermis they follow a vertical course.
2. the vessels of the corium are of intricate structure, especially the veins. The veins are more numerous and show more variations in their course and interconnections than the corresponding arteries.
3. the subcutaneous and corial portions of the guard hairs are ensheathed by a vascular plexus.

The morphological findings are viewed in context with essential functions of the cutaneous vessels (regulation of temperature and blood pressure); the results are discussed particularly for the skin of the Hanford miniature pig.

F. LITERATURVERZEICHNIS

BAUEREISEN, E. (Hrsg.) (1971):

Physiologie des Kreislaufs, Bd. I.

Springer Verlag, Berlin.

BURTON, A.C. (1961):

Special features of the circulation of the skin.

In: Advances in Biology of Skin. Vol. II.

Edited by MONTAGNA, W. and R.A. ELLIS, pp. 117-122.

Pergamon Press, New York.

CLARA, M. (1956):

Die Arteriovenösen Anastomosen.

Springer Verlag, Wien.

FORBES, P.D. (1969):

Vascular supply of the skin and hair in swine.

In: Advances in the Biology of Skin. Vol. IX.

Edited by MONTAGNA, W. and R.L. DOBSEN, pp. 419-432.

Pergamon Press, New York.

HAM, A.W. (1944):

Experimental study of the histopathology of burns.

Ann. of Surg., 120, No. 5, 689-697.

HAMMERSEN, F. (1971):

Anatomie der terminalen Strombahn.

Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien.

HAMMERSEN, F. und J. STAUBESAND (1961):

Über die Stromwege in der Nierenkapsel von Mensch und Hund, zugleich ein Beitrag zum Begriff der arteriovenösen Anastomosen. Angioarchitektonische Studien an der Niere. III. Mitteilung. Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 122, 363-381.

HORSTMANN, E. (1957):

Blutgefäße der Haut.

In: MÖLLENDORF, W. v., Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, III/3, 198-207.

Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg.

ILLIG, L. (1961):

Die terminale Strombahn.

In: Pathologie und Klinik in Einzeldarstellungen, Bd. 10

Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg.

INGRAM, D.L. and M.E. WEAVER, (1969):

A Quantitative Study of the Blood Vessels of the Pig's Skin and
the Influence of Environmental Temperature.

Anat. Rec. 163, 517-524.

KEIDEL, W.D. (1973):

Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, 3. Aufl.

Gg. Thieme Verlag, Stuttgart.

KOCH, E. und M. NORDMANN (1928):

Mikroskopische Beobachtungen am Blutkreislaufe des Säugetieres mit
gleichzeitiger Verzeichnung des Blutdruckes.

I. Mitteilung.

Z. ges. exp. Med. 61, 505.

KOCH, E. und M. NORDMANN (1929):

Mikroskopische Beobachtungen am Blutkreislaufe des Säugetieres mit
gleichzeitiger Verzeichnung des Blutdruckes.

II. Mitteilung.

Z. ges. exp. Med. 64, 75.

KOLB, E. (1962):

Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.

VEB Gustav Fischer Verlag Jena.

KRÖLLING, O. und H. GRAU (1960):

Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie
der Haustiere. 10. Aufl.

Paul Parey, Berlin und Hamburg.

MONTAGNA, W. and P.F. PARAKKAL (1974):

The Structure and Funktion of Skin.

Third Edition, Chapter 5, pp. 143-156.

Academic Press, New York and London.

MONTAGNA, W. and J.S. YUN (1964):

The Skin of the Domestic Pig.

J. invest. Dermatol. 43, 11-21.

MORECI, A.P., E.M. FARBER and L.A. SAPIRSTEIN (1962):

Cutaneous Circulation.

In: Blood Vessels and Lymphatics.

Edited by DAVID I. ABRAMSON.

Academic Press, New York and London.

MORITZ, A.R., and F.C. HENRIQUES (1947):

Studies of thermal injury, II.

The relative importance of time and surface temperature in the causation of cutaneous burns.

Am. J. Path. 23, 695-720.

ORSINI, M. W. (1962):

Technique of Preparation, Study and Photography of Benzyl-Benzoate cleared Material for embryological Studies.

J. Reprod. Fertil. 3, 283 - 287.

SAJITZ, E. (1973):

Beschreibung der zuführenden Hautarterien des Halses, des Rumpfes und der Extremitäten beim Göttinger Miniaturschwein.

Inaug. Diss. München.

SAUNDERS, de, C.H. (1961):

X-ray Projektion Mikroskopy of the Skin.

In: Advances in the Biology of Skin, Vol. II, pp. 38-56.

Edited by Montagna, W. and R.A. Ellis.

Pergamon Press, New York.

SPALTEHOLZ, W. (1893):

Die Verteilung der Blutgefäße in der Haut.

Arch. Anat. 1893, 1-54.

SPALTEHOLZ, W. (1927):

Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Bd. I. 379-433.

Springer Verlag, Berlin.

SPÖRRI, H. und H. STÜNZI (1969):

Pathophysiologie der Haustiere.

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

STÜTTGEN, G. (1965):

Die normale und pathologische Physiologie der Haut.

VEB-Gustav Fischer Verlag, Jena.

THAUER, R. (1939):

Der Mechanismus der Wärmeregulation.

Erg. Physiol. 41, 607-655.

ZWEIFACH, B.W. (1949):

Basic mechanism in peripheral vascular homeostasis.

Trans. 3rd Josiah Macy, Jr. Conf. on Factors Regulating Blood Pressure.

Abb.1

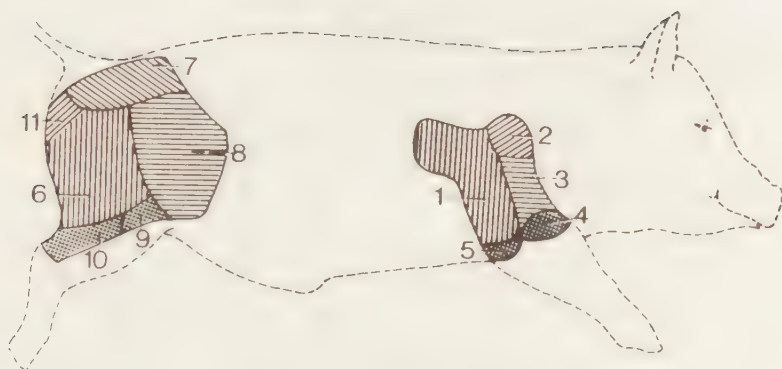


Abb. 1: Untersuchte Hautgebiete am Hanford-Miniaturschwein (in Anlehnung an SAJITZ, 1973); schraffierte Felder enthalten die Verlaufsform A an den Hauptstämmen der Subkutisgefäße, die punktierten Felder die Verlaufsform B.

Versorgungsgebiet der (des)

- 1 = A. thoracodorsalis;
- 2 = A. subscapularis und A. circumflexa scapulae;
- 3 = A. circumflexa humeri caudalis;
- 4 = A. collateralis radialis;
- 5 = Ramus cutaneus der A. collateralis ulnaris;
- 6 = A. circumflexa femoris medialis;
- 7 = Aa. iliaca interna et glutaee caudalis;
- 8 = A. circumflexa ilium profunda mit ihrem kaudolateralen Ast;
- 9 = Ramus proximalis der A. caudalis femoris;
- 10 = Ramus distalis der A. caudalis femoris und A. tibialis caudalis;
- 11 = Ramus caudoproximalis der A. profunda femoris.

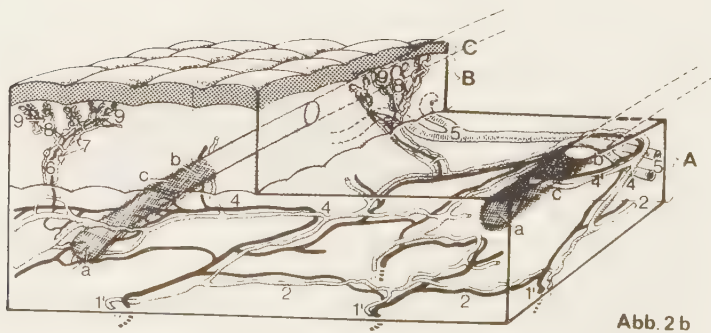
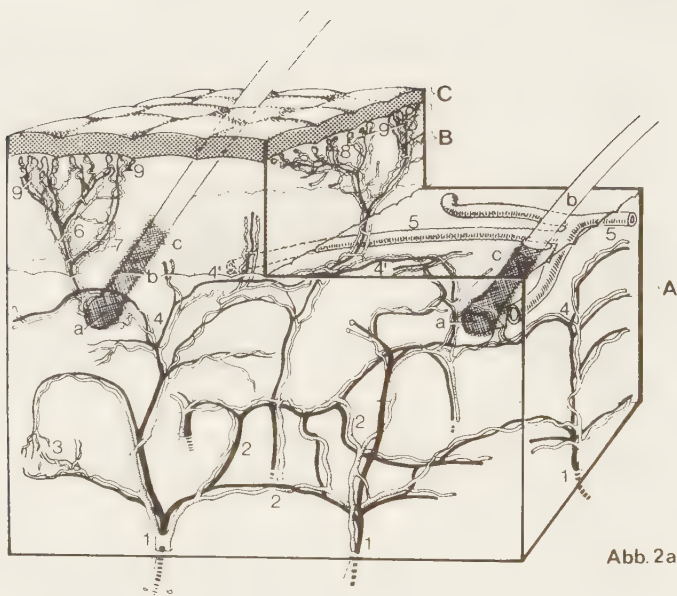


Abb. 2 a und 2 b: Schematische Darstellung der Haut des Hanford-Miniaturschweines, mit besonderer Berücksichtigung der Verlaufsformen A und B der Subkutishauptstämme.

- A Subkutis
- B Korium
- C Epidermis
- a Leithaarzwiebel
- b Leithaarschaft
- c Leithaargefäßnetz
- 1 Eintritt der Hauptstämme in die Subkutis
- 1' Eintritt der Hauptstämme in die Subkutis, mit S-förmigem Verlauf (Abb. 2b) bei stark verschieblicher Subkutis
- 2 Seitenäste der Hauptstämme
- 3 rückläufige Gefäßversorgung der Subkutis
- 4 Kandelabergefäße
- 4' "Bogennetz"
- 5 Subkutanen Venennetz
- 6 Gefäßverbund
- 7 perlchnurartige Venolen
- 8 arterielles bzw. venöses subpapilläres Gefäßnetz
- 9 Kapillaren

Abb.3

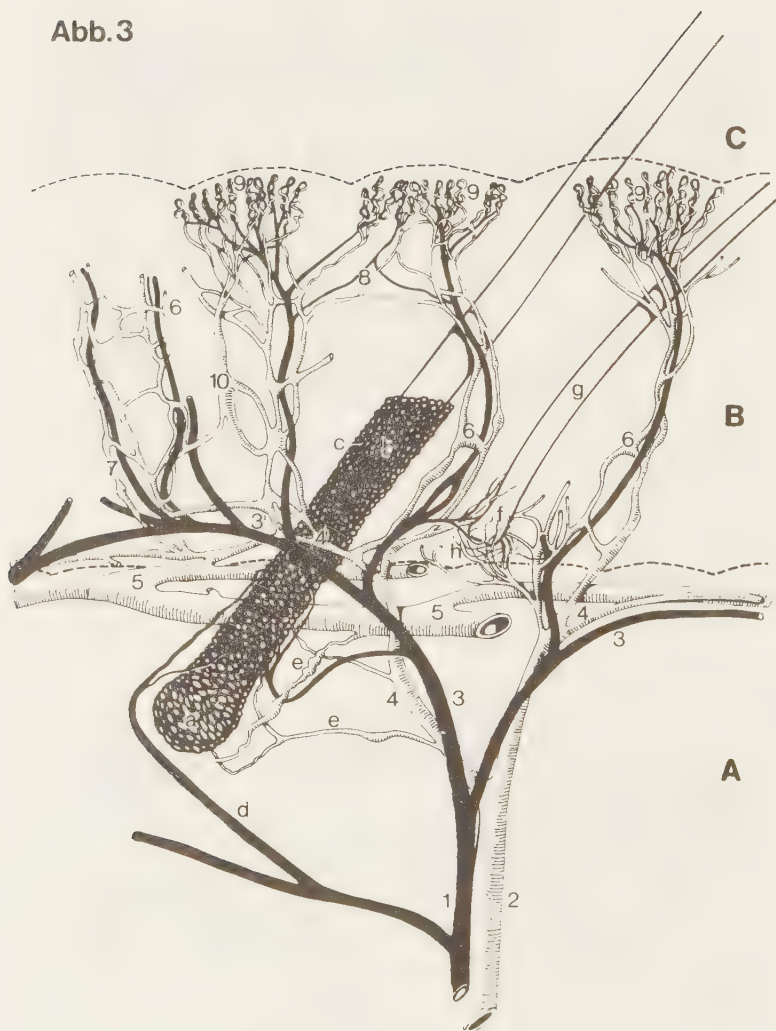


Abb. 3: Schematische Darstellung der Haut des Hanford-Miniaturschweines, mit besonderer Berücksichtigung der Blutgefäßversorgung von Leit- und Wollhaar.

- A Subkutis
- B Korium
- C Epidermis
- a Leithaarzwiebel
- b Leithaarschaft
- c Leithaargefäßnetz
- d zuführende Arterie zum Plexus der Leithaargefäße
- e abführende Vene vom Plexus der Leithaargefäße
- f Wollhaarwurzel
- g Wollhaarschaft
- h Versorgungsgefäße des Wollhaares
- 1 arterieller subkutaner Hauptstamm
- 2 venöser subkutaner Hauptstamm
- 3 Kandelaberarterie
- 4 Kandelabervene
- 3', 4' "Bogennetz"-Gefäße
- 5 Subkutanes Venennetz
- 6 Gefäßverbund
- 7 perlschnurartige Venolen
- 8 arterielles bzw. venöses subpapilläres Gefäßnetz
- 9 Kapillaren
- 10 Solitärvenolen

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. B. Vollmerhaus für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte Unterstützung und freundliche Förderung meiner Arbeit herzlich danken.

Ebenso gilt mein aufrichtiger Dank den Mitarbeitern des Instituts.

Besonders danke ich der Grafikerin Frau Li Körner für die gewissenhafte Anfertigung der Abbildungen.

LEBENS LAUF

Als Sohn des prakt. Tierarztes Dr. Friedrich Hossenfelder und seiner Ehefrau Margarete, geb. Schween, wurde ich am 9. August 1948 in Nördlingen / Bayern geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Möttingen, Landkreis Donau - Ries, trat ich in das humanistische Theodor - Heuss - Gymnasium in Nördlingen ein, wo ich im Juli 1967 die Reifeprüfung ablegte.

Das Studium der Tiermedizin begann ich im Wintersemester 1967/68 an der Justus - Liebig - Universität in Giessen. Im Sommersemester 1970 setzte ich dieses Studium an der Ludwig - Maximilians - Universität in München fort und schloß es im November 1972 mit dem Staatsexamen ab.

1973 war ich als selbständiger Mitarbeiter in einer tierärztlichen Praxis tätig.

Seit Februar 1974 war ich Doktorand am Institut für Tieranatomie.

